

LÄNGS- UND QUERBESCHLEUNIGUNGEN IM ALLTAGsverkehr

Dipl.-Ing. Markus Nickel
Dipl.-Ing. Wolfgang Hugemann
Ingenieurbüro Morawski + Hugemann
von-Diergardt-Str. 19
51375 Leverkusen
GERMANY
Nickel@unfallrekonstruktion.de
Hugemann@unfallrekonstruktion.de

ABSTRACT

Bei den meisten Verkehrsunfällen wird das Fahrverhalten vor der Reaktion von persönlichen Gewohnheiten bestimmt und nicht vom Zwang der Abwehrlung. In unserer Untersuchung versahen wir die persönlichen Fahrzeuge von elf Versuchspersonen jeweils mit biaxialen Beschleunigungsaufnehmer und Geschwindigkeitssensor. Während einstündiger Versuchsfahrt auf normalen Straßen wurden die Längs- und Querbesehleunigungen aufgezeichnet und statistisch ausgewertet.

EINLEITUNG

Es gibt eine Reihe von Fahrmanövern, bei denen die vom Fahrer gewählte Beschleunigung mehr durch das Komfortverhalten als durch die fahrdynamischen Grenzen bestimmt wird [A1, B1, B2, B3, S1]:

- Anfahrbeschleunigung
- Anhalteverzögerung
- Spurwechsel
- Kurvenfahrt.

Im alltäglichen Verkehr ist der begrenzende Faktor wahrscheinlich die statische Haltearbeit der Muskeln, mit der den Beschleunigungskräften Widerstand zu leisten ist. Diese Haltearbeit bedeutet Komfortverlust, wobei seitliche Beschleunigungen schlechter abzufangen sind als die Längsbeschleunigungen, denn seitlich gibt es keinen direkten Abstützpunkt vergleichbar der Sitzlehne beim Beschleunigen oder dem Lenkrad beim Verzögern.

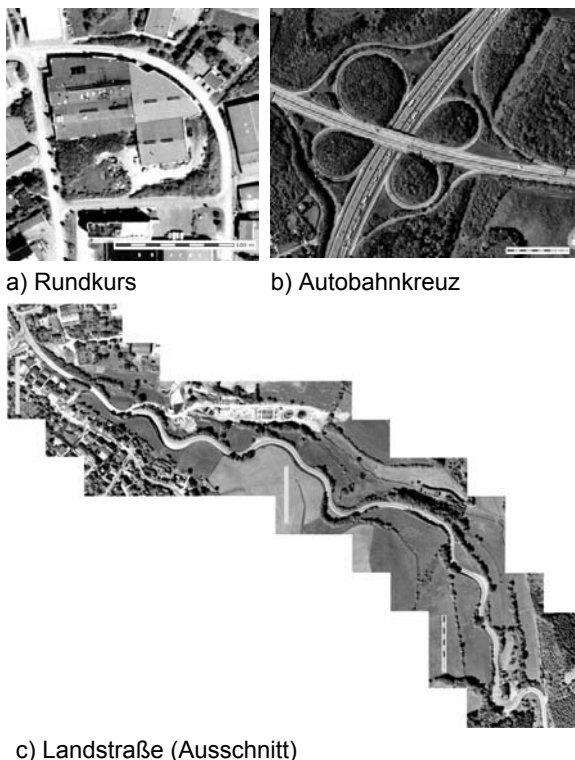
Ein Blick in die Literatur [B1, B2, K1] zeigt, dass sich bereits einige Unfallanalytiker mit der »normalen« Anfahrbeschleunigung auseinander gesetzt haben, wegen ihres enormen Einflusses auf die Reaktionsaufforderung beim Kreuzungsunfall. Auch der Spurwechsel wurde schon des öfteren untersucht [S1, S2]: Welcher Zeitanteil des Überholmanövers entfällt auf den Fahrstreifenwechsel? Und zu welchem Zeitpunkt ist der Spurwechsel von anderen Fahrern zu erkennen?

Die »normale« Querbesehleunigung bei Kurvenfahrt ist bislang auf weniger Interesse gestoßen. Unfallanalytiker (speziell im angloamerikanischen Raum) interessieren sich in der Regel mehr für die Kurvengrenzgeschwindigkeit, also die fahrdynamische Grenze. Untersuchungen [A1, S1] zeigen jedoch, dass diese Kurvengrenzgeschwindigkeit weit jenseits des Fahrvermögens des Normalfahrers liegt und dass selbst Testfahrer weder den Absolutwert der Querbesehleunigung noch die verbleibenden Sicherheitsreserven verlässlich abzuschätzen vermögen [B3].

Die durchschnittliche Verzögerung im Alltagsverkehr wurde von Unfallanalytikern bislang so gut wie gar nicht untersucht. Die wenigen vorliegenden Untersuchungen stammen meist von Fahrzeugherstellern [K1, L1] und zielen auf Bremsassistentensysteme. Es hat sich nämlich gezeigt, dass viele Fahrer auch in Notsituation den maximalen Bremsdruck nicht in einem Zug aufbauen. Will der Bremsassistent hier eingreifen, so muss er unter anderem zunächst »wissen«, was als alltägliche Verzögerung betrachtet werden kann, um diese dann von der Notsituation unterscheiden zu können.

WAS SOLL'S?

Warum sollten sich Unfallanalytiker überhaupt mit »normalen« Beschleunigungen beschäftigen? Nun, wir sollten im Auge behalten, dass das Fahrverhalten vor einem Unfall mehr durch tägliche Gewohnheit als durch die aufziehende Gefahr bestimmt



a) Rundkurs

b) Autobahnkreuz

c) Landstraße (Ausschnitt)

Abb. 1: Abschnitte des Versuchsparcours (unterschiedlichen Maßstäbe beachten!)

wird. Aus diesem Grunde wird der Unfallanalytiker z.B. folgende Zeugenaussage mit einem physikalischen Wert belegen müssen: »Vor dem Unfall fuhr mein Vordermann ganz normal um die Kurve.«

Andererseits wird der Unfallanalytiker auch assistieren müssen, wenn es gilt, ein bestimmtes Fahrverhalten am Durchschnitt zu messen, zum Beispiel geforderte Vermeidungshandlungen. Es könnte z.B. sein, dass die zulässige Geschwindigkeit derart überschritten wurde, dass bei ihrer Einhaltung lediglich eine Verzögerung von $4,5 \text{ m/s}^2$ gefordert gewesen wäre – aber wie ungewöhnlich sind $4,5 \text{ m/s}^2$?

In die gleiche Kategorie fallen technische Mängel, die sich erst ab einer bestimmten Mindestbelastung auswirken. In einem unserer Fälle ging es um einen Pkw mit überhöhtem Reifendruck, der bei hoher Querbeschleunigung übersteuerte. Der Kläger behauptete jedoch, ganz normal um die Kurve gefahren zu sein, als sein Fahrzeug plötzlich instabil wurde. In solchem Fall ist zunächst die Querbeschleunigung zu bestimmen, ab der dieses Verhalten eintritt (was wir durch Experimente auf einem Ver-

kehrübungsplatz taten). Ergänzend ist dann aber das Fahrverhalten, über das man in diese Regionen vorstößt, zum Normalverhalten in Beziehung zu setzen.

Ein anderer Anwendungsfall für »normale« Verzögerungen sind spurenarme Unfälle, bspw. ein Fußgängerunfall einige zehn Meter vor einer Ampel, die laut Zeugenaussagen zum Unfallzeitpunkt rot war. Ist der Kollisionsort fixiert – etwa durch eine Lücke zwischen zwei parkenden Autos – kann die Kollisionsgeschwindigkeit über den Abstand von der Ampel und eine »normale« Verzögerung eingegrenzt werden.

Die Beispiele zeigen, dass wir uns von solchen Überlegungen keine exakten Werte versprechen dürfen, aber dass sie möglicherweise die einzigen sind, mit denen wir aus technischer Sicht assistieren können.

VERSUCHSAUFBAU

Das Versuchsteam [N1] umfasste elf Personen, sieben im Alter von 21 – 29 Jahren, drei 37 – 47-jährige und einen 65-jährigen. Männer waren leicht überrepräsentiert (7:4). Die Versuchspersonen fuhren ihre eigenen Fahrzeuge, meist VW Golf II (6 von 11). Die Pkw wurden mit einem biaxialen Beschleunigungsaufnehmer und einem Impulszähler ausgestattet, der an das digitale Tachosignal angeschlossen war. Die Signale wurden durch einen Mikrokontroller vorverarbeitet und mit einem Laptop aufgezeichnet.

Die Versuchspersonen fuhren eine vorgegebene Strecke, die den meisten zuvor unbekannt war. Die einstündige Fahrt bestand aus vier Teilstrecken, **Abb. 1**:

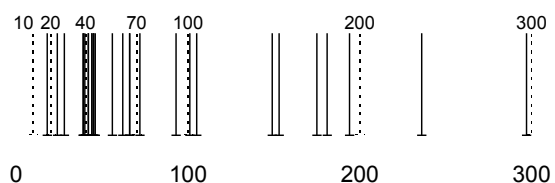


Abb. 2: Verteilung der Kurvenradien auf dem Landstraßenabschnitt

- ein Rundkurs mit drei Kurven von 9 – 11 m Radius, der in beiden Umlaufrichtungen durchfahren wurde
- ein 3 km langes Landstraßenstück mit 27 alternierenden Kurven und einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 5%. Dieses Stück wurde in beiden Richtungen durchfahren, abwärts zu Beginn und aufwärts am Ende der Fahrt. Die schärferen Kurven konzentrieren sich etwas im leicht steileren Bereich (erste 2 km).
- ein Autobahnkreuz mit drei Überführungsrampen von 55 m Radius (= Standard) und einer von 75 m Radius
- ein innerstädtischer Kurs.

Abb. 2 zeigt die Verteilung der Kurvenradien auf dem Landstraßenstück. Jeder Strich entspricht einer Kurve, die Klassengrenzen für die statistische Auswertung sind durch gestrichelte Linien angedeutet, deren Wert am oberen Ende angegeben ist. Die absolute Klassengröße nimmt zum oberen Ende hin zu (10 m, 20 m, 2 × 30 m, 2 × 100 m). Die Verteilung zeigt eine Häufung bei 50 m, während die 200 – 300-m-Klasse nur zwei Kurven enthält. Die Radien wurden aus den Luftbildern Abb. 1 ermittelt.

Die Versuchspersonen wurden instruiert, wie gewohnt zu fahren, die Testsituation möglichst zu ignorieren und die Kurven nicht zu schneiden. Das Versuchsziel wurde erläutert: Wir waren an ihrer normalen Fahrweise interessiert, nicht an den Grenzen ihres Fahrvermögens – solange es nicht zu ihren Gewohnheiten zählte, diese tagtäglich zu erkunden...

AUSWERTUNG

Im Zuge der Nachbearbeitung wurden die Signale über eine Sekunde gleitend gemittelt und das solchermaßen bearbeitete Signal diente als Grundlage der Auswertung. Da wir keine Kreiselform besaßen, koppelte beim Nicken und Wanken die Erdbeschleunigung ein und musste quasi-statisch kompensiert werden. Der Beschleunigungssensor wurde im Fußraum vor dem Beifahrersitz positioniert, um

durch tiefliegende Montage die durch die Aufbaubewegung verursachten dynamischen Beschleunigungen möglichst klein zu halten. Der Abstand des Sensors vom Schwerpunkt des Fahrzeugs ist für Kurvenradien größer als 10 m vernachlässigbar.

Das Maximum der geglätteten Beschleunigung wurde als maximale Querbeschleunigung am Kurvenscheitel gewertet bzw. als Einzelwert für Längsbeschleunigung oder -verzögerung. Über die mit aufgezeichnete Geschwindigkeit v konnte der tatsächliche Fahrradius r aus der Querbeschleunigung a_{cf} gemäß $r = v^2/a_{cf}$ bestimmt werden.

QUERBESCHLEUNIGUNGEN

LANDSTRASSE

Abb. 3 zeigt die maximalen Querbeschleunigungen für die Landstraße, und zwar für Berg- und Talfahrt, also 594 Datenpunkte (= 2 × 11 × 27). Die Werte sind bereits quasi-statisch kompensiert.

Analog zu früheren Ergebnissen [S1] nimmt die Querbeschleunigung mit zunehmendem Kurvenradius (und damit steigender Geschwindigkeit) ab. Diese Abnahme kann nicht der Geschwindigkeitsbegrenzung angelastet werden, denn bei zulässigen 100 km/h betrüge die Querbeschleunigung selbst bei 300 m Radius noch gut 2,5 m/s².

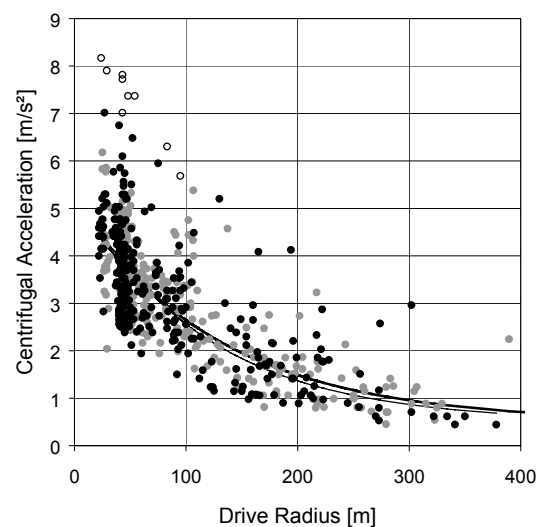


Abb. 3: Querbeschleunigung über Fahrradius (nicht Kurvenradius)
 schwarze Punkte: bergauf
 graue Punkte: bergab
 leere Punkte: Fahrer DiA

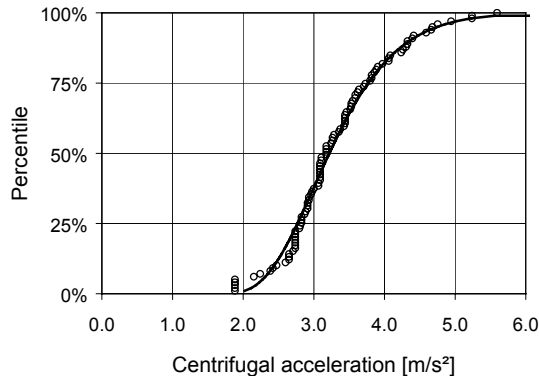
Der Normalfahrer hält anscheinend einen »Sicherheitsabstand« zur fahrdynamischen Grenze und vergrößert diesen mit zunehmender Geschwindigkeit. Die Abnahme der Querbeschleunigung a_{cf} über dem Radius r kann über den Ansatz

$$a_{cf} = a_{\infty} + (a_0 - a_{\infty})e^{-r/r_c} \quad (1)$$

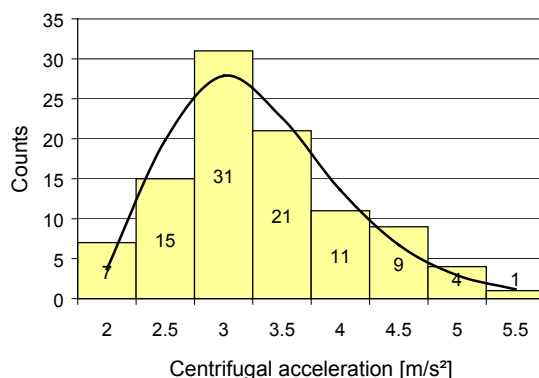
beschrieben werden, mit a_0 und a_{∞} als Grenzwerten für $r \rightarrow 0$ bzw. $r \rightarrow \infty$ und r_c als Modellparameter (charakteristischer Radius). Passt man alle drei Parameter über die Minimierung einer Verlustfunktion an, so ergibt sich für Berg- und Talfahrt gleichermaßen $a_{\infty} \approx 0,5 \text{ m/s}^2$. Dieser Wert wurde deshalb im zweiten Schritt fixiert und nur noch die beiden verbleibenden Parameter angepasst:

	Bergfahrt	Talfahrt
a_0	5,16 m/s ²	5,39 m/s ²
r_c	127 m	116 m

Diese Parameteranpassung berücksichtigt sämtliche Daten und ergibt somit, dass der



a) Summenhäufigkeit



b) Häufigkeit und Dichtefunktion

Abb. 4: Verteilung für engradige Abbiegemanöver und Approximation durch Gammaverteilung

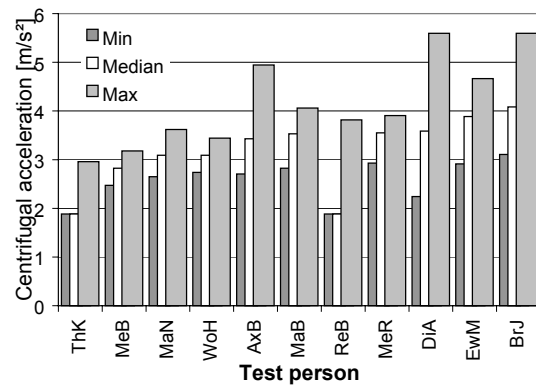


Abb. 5: Querbeschleunigungen im Rundkurs für die verschiedenen Fahrer

Unterschied zwischen Berg- und Talfahrt im Mittel nicht so groß ist, wie man aufgrund der Ausreißer nach oben zunächst meint. Die beiden Regressionskurven gemäß Gl. (1) sind in die Abb. 3 eingearbeitet.

Der Unterschied zwischen Berg- und Talfahrt betrifft vor allem die Fahrer, die die fahrdynamischen Grenzen gewohnheitsmäßig erkunden. Er ist zum Teil in der Fahrdynamik begründet, beruht aber überwiegend wohl auf psychologischen Faktoren, denn bergauf lässt sich das Fahrzeug effektiver verzögern, sodass die Fahrer größere Risiken in Kauf nehmen. Dies verursacht in der Gesamtheit des Fahrerspektrums dann eine größere Streuung, wobei die Maxima durch Personen verursacht werden, die sich an die fahrdynamische Grenze wagen (wie der Fahrer DiA).

Erstaunlicherweise konnten wir keinen Unterschied zwischen Rechts- und Linkskurven feststellen (wie wir ihn erwartet hatten). Es gibt mehrere gute Gründe, denen zufolge die Querbeschleunigung in Rechtskurven größer sein sollte als in Linkskurven: Der Fahrer kann sich an der Tür abstützen; wenn es eng wird, kann er notfalls die äußere Spur mitbenutzen (sofern diese frei ist); die Rechtskurve ist immer schärfer als die zugehörige Linkskurve, etc. Keiner dieser guten Gründe scheint das Fahrverhalten signifikant zu beeinflussen.

ENGRADIGES ABBIEGEN

Wurde der Rundkurs im Uhrzeigersinn durchfahren, so hatten alle Abbiegelinien

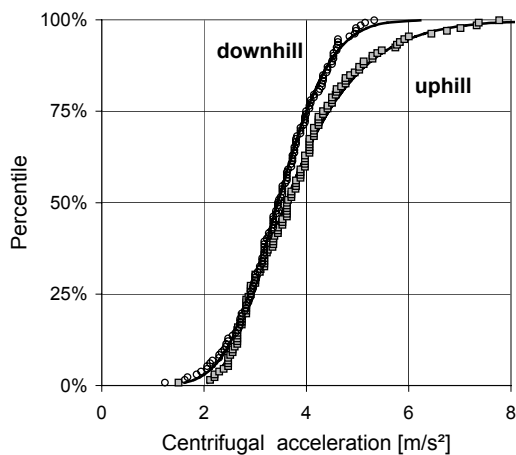


Abb. 6: Summenhäufigkeit der Querbeschleunigung für Kurvenradien von 40 – 70 m, unterteilt nach Bergauf- und Bergabfahrten

etwa 10 m Radius. Schneidendes Fahren war unmöglich, weil sich auf der Beifahrerseite der Bordstein befand. Es lohnte sich deshalb nicht, die Querbeschleunigung bei der Auswertung mit dem Fahrradius zu parametrisieren, sodass wir sämtliche Messwerte in einen Topf warfen (»pooling«), was 99 Werte ergab, entspricht 11 Personen, die den Kurs jeweils dreimal absolvierten. **Fig. 4** zeigt die Verteilung der Messwerte.

Die Verteilung ist leicht linkssteil (Schiefe = 0,57). Die Perzentile sind

	10%	50%	90%
a [m/s ²]	2,6	3,2	4,3

Der gesamt Wertebereich erstreckt sich über 1,9 – 5,6 m/s².

Die verschobene Gammaverteilung

$$f(a) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)a_c} \left(\frac{a - a_s}{a_c} \right)^{\lambda-1} e^{-\frac{a-a_s}{a_c}} \quad (2)$$

hat bereits ihre Fähigkeit unter Beweis gestellt, experimentell ermittelte linkssteile Verteilungen zu beschreiben [H1] und erwies sich auch im vorliegenden Fall als geeignet. Das Verfahren, mit dem die Parameter angepasst wurden, ist recht einfach zu handhaben und wird in dem zitierten

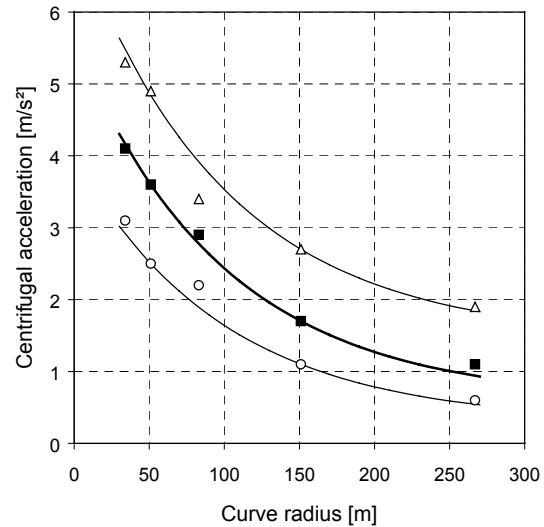


Abb. 7: Perzentile der Querbeschleunigung als Funktion des Kurvenradius'

Beitrag im Detail beschrieben. In Gl. (2) bezeichnet a_s den Verschiebung der Gammaverteilung, a_c ist eine Normierung und λ ein dimensionsloser Parameter. Die verschobene Gammaverteilung gibt den sanften Abfall im rechten Bereich von **Abb. 4b** besser wieder als das Anstiegsverhalten links, eine Eigenschaft, die sich auch in der Summenfunktion niederschlägt, **Abb. 4a**.

Abb. 5 zeigt die intra- and interpersonellen Unterschiede, wobei jeweils Minimum, Maximum und Median für jeden einzelnen Fahrer angegeben sind.

ZURÜCK AUF DIE LANDSTRASSE

Wir sortierten die Kurvenradien gemäß **Abb. 2** in Klassen, innerhalb deren wir die Daten dann statistisch aufbereiteten, wie im letzten Abschnitt beschrieben. Sämtliche Daten und Diagramme finden sich auf unserer Website [U1]; hier beschränken wir uns auf die markantesten Ergebnisse.

Abb. 6 zeigt die Summenverteilung für Kurven von 40 – 70 m Radius, unterteilt nach Berg- und Talfahrt. Wie erwähnt wurde der Parcours zunächst bergab und später bergauf durchfahren, sodass jede Kurve zunächst mit Gefälle und dann mit Steigung durchfahren wurde (bei gegensinniger Krümmung). Wie in Abb. 3 zeigt sich auch hier, dass die Kurven in der Steigung schneller durchfahren wurden als im Gefälle, was sich besonders in den höheren Perzentilen niederschlägt.

Tab. 1 listet die wichtigsten Perzentile für jede Radienklasse, **Abb. 7** zeigt den zugehörigen Graphen. Die Kurven wurden wieder über den Ansatz Gl. (1) ermittelt:

	10%	50%	90%
a_0 [m/s ²]	3,98	5,60	7,10
a_c [m/s ²]	0,29	0,60	1,45
r_c [m]	100	100	100

Bei der Parameterapproximation verwendeten wir den wahren Mittelwert einer jeden Klasse und gewichteten ihn mit der Anzahl der Klassenwerte, vgl. Tab. 1. Die glatten Werte für r_c ergeben sich zufällig.

NOCHMALSBIEGEN

Vergleicht man die Querbeschleunigung bei den Abbiegevorgängen mit derjenigen bei den kleinsten Radien auf der Landstraße, so scheint die Querbeschleunigung bei sehr engradigen Kurven wieder abzunehmen:

Radius [m]	10% [m/s ²]	50% [m/s ²]	90% [m/s ²]
10	2,6	3,2	4,3
20 – 40	3,1	4,1	5,3

Diese Beobachtung ist nicht neu [S1], ob-

Radius [m]	Mittel [m]	Anzahl	10% [m/s ²]	50% [m/s ²]	90% [m/s ²]
20 – 40	34	6	3,1	4,1	5,3
40 – 70	51	11	2,5	3,6	4,9
70 – 100	83	2	2,2	2,9	3,4
100 – 200	151	7	1,1	1,7	2,7
150 – 300	267	2	0,6	1,1	1,9

Tab. 1: Querbeschleunigungen für verschiedene Radien

wohl die Ursache des Effekts unklar ist. Ein möglicher Grund besteht darin, dass das Akzeptieren hoher Querbeschleunigungen hier kaum Zeitgewinn bringt. Der Zeitbedarf t ist aus der Winkelgeschwindigkeit ω und dem Radius r zu ermitteln

$$a_{cf} = \omega^2 r = (\alpha / t)^2 \cdot r \quad (3)$$

bzw.

$$t = \alpha \cdot \sqrt{r / a_{cf}} \quad (4)$$

Für kleine Radien bringt der Komfortverlust durch Inkaufnahme hoher Querbeschleunigung demgemäß kaum Zeitgewinn – was nicht bedeutet, dass hohe Querbeschleunigungen unmöglich sind, sollten die Randbedingungen es verlangen, bspw. beim Wenden auf einer vielbefahrenen Straße.

Bei großen Radien werden die durch Tab. 1 gezogenen Grenzen für den Normalfahrer nicht so flexibel sein, was wiederum nicht bedeutet, dass versierte Fahrer sich nicht deutlich oberhalb dieser Grenzen bewegen können.

AUTOBAHNKREUZ

Wie erwartet lagen die Querbeschleunigungen in den Überführungsrampen des Autobahnkreuzes etwas höher als in normalen Kurven, insbesondere bei den unteren Perzentilen:

Radius [m]	10% [m/s ²]	50% [m/s ²]	90% [m/s ²]
40 – 70	2,5	3,6	4,9
55 – 75	3,2	4,2	4,9

Wir können dafür mehrere Gründe vermuten: Erstens ist der Kurvenwinkel mit 270° weit größer als bei gängigen Kurven, sodass sich der Komfortverlust durch die Inkaufnahme hoher Querbeschleunigung zeitlich stärker auszahlt. Zweitens befindet sich der Fahrer in einer weitgehend standardisierten Situation, in der er sich auf den Fahrradius von 55 m verlassen kann. Zu guter Letzt dauert die Fahrt auf der Rampe ca. 15 s, sodass er genug Zeit hat, sich auf die Situation einzustellen.

VERZÖGERUNGEN

Verzögerungen wurden bei der Annäherung an die Abbiegepunkte des Rundkurses sowie bei der Annäherung an die Ampeln im innerörtlichen Parcours gemessen. Wir sprechen also von (Nahezu-) Stopps, die absehbar waren, sozusagen vom Fahrer geplant. Die gemessenen Werte – 1,3 / 2,2 / 3,3 m/s² für 10%- / 50%- / 90%-Perzentil – lagen niedriger als von uns erwartet, bestätigen aber die Ergebnisse aus [C1], wo der Bereich bei 1,5 – 3,2 m/s² lag, bei Haltevorgängen aus 25 – 40 km/h. Der Einzelwert von 2,45 m/s² aus [K2] deckt sich etwa mit unserem Median.

In Deutschland beträgt die Gelbphase der Ampeln 3 / 4 / 5 s für 50 / 60 / 70 km/h zulässige Höchstgeschwindigkeit. Setzen wir die Reaktionszeit mit 1,2 s an – für Straßenbauer ein eher niedriger Wert –, so wird hier eine Verzögerung von 3,9 / 3,0 / 2,6 m/s² gefordert, wenn die Ampel exakt in Halteentfernung auf Rot springt. Zumindest für die innerorts zulässigen 50 km/h liegt dieser Wert deutlich über den gewohnten Verzögerungen, möglicherweise ein Grund, warum in diesen Situationen im Zweifel eher beschleunigt als gebremst wird.

LÄNGSBESCHLEUNIGUNGEN

Längsbeschleunigungen wurden nach den Abbiegevorgängen im Rundkurs und im innerstädtischen Parcours beim Anfahren an den Ampeln bestimmt. Die Perzentile liegen bei 0,9 / 1,6 / 2,6 m/s². Auch in diesem Fall bestätigen sich die Ergebnisse früherer Untersuchungen, die besagen, dass die Leistungsgrenzen des Fahrzeugs im Normalverkehr bei weitem nicht ausgeschöpft werden.

FOLGERUNGEN

Die Kurvengrenzgeschwindigkeit wird im alltäglichen Verkehr längst nicht erreicht. Der Normalfahrer hält einen gehörigen Sicherheitsabstand zu den fahrdynamischen Grenzen, den er bei hoher Fahrgeschwindigkeit, d.h. großen Kurvenradien, nochmals heraufsetzt. Wir konnten dabei keinen Unterschied zwischen Links- und Rechts-

kurven feststellen. Die Bergauffahrt scheint jedoch das Selbstvertrauen zu stärken und führt dazu, dass die Fahrer am oberen Rand des Spektrums die Kurven schneller durchfahren.

Bei besonders engradigen Kurven, bspw. Abbiegevorgängen, ist die akzeptierte Querschleunigung besonders niedrig, weil Zeitgewinn und Komfortverlust außer Verhältnis stehen. Im Gegenzug scheinen große Kurvenwinkel wie bei den Überführungsrampen im Autobahnkreuz die akzeptierte Querschleunigung zu erhöhen.

Wir sortierten die Messwerte nach Kurvenradien und gelangten so zu (Summen-) Häufigkeiten für die Querschleunigungen, an denen sich sämtliche Perzentile ablesen lassen. Die Verteilungen erwiesen sich als linkssteil und konnten durch eine verschobene Gammaverteilung angenähert werden.

Die alltägliche Verzögerung ist bei absehbaren Stopps nicht wesentlich höher als die übliche Anfahrbeschleunigung, jedenfalls deutlich niedriger als ggf. vor einer roten Ampel gefordert. Unsere Ergebnisse betreffend die Anfahrbeschleunigung bestätigen die wohlbekannteren früheren Ergebnisse.

LITERATUR

- [A1] Erfahrungsbereich des Normalfahrers
Audi AG
- [B1] Becke, M.; Nackenhorst, U.
Anfahrbeschleunigungen von Personenwagen
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 24 (1986),
pp. 143 – 146
- [B2] Battiato, L.; Wolff, H.; Nover, W.
Schaltvorgänge und Anfahrbeschleunigung des
Normalfahrers im Innerortsverkehr
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 36 (1998),
pp. 201 – 212
- [B3] Bachmann, T.; Bielaczek, C.; Breuer, B.
Der Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn
und seine Inanspruchnahme durch den Fahrer
ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 97
(1995)
- [C1] Claffey, P.J.:
Vehicle Operating Characteristics
Transportation and Traffic Engineering Hand-
book. Institute of Transportation Engineers,
J.E. Baerwald (ed.) Prentice – Hall, Engelwood
Cliffs, N.J. 1976
- [H1] Hugemann, W.
Driver Reaction Times in Road Traffic. EVU
annual conference, Portoroz, Slovenia, Sep-
tember 2002
- [K1] Krause, R.
Anfahrbeschleunigungen im alltäglichen Stra-
ßenverkehr.
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 40 (2002),
pp. 105 – 108
- [K2] Konik, D.; Müller, R.; Prestl, W.; Toelge, T.;
Leffler, H.
Elektronisches Bremsen-Management als erster
Schritt zu einem Integrierten Chassis-
Management.
Automobiltechnische Zeitschrift 101 (1999)
- [L1] Ludmann, J.; Weilkes, M.
Fahrermodell als Hilfsmittel für die Entwick-
lung von ACC-System.
ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 101
(1999)
- [L2] Langwieder, K.:
Aktive Sicherheit und Unfalluntersuchungen.
Zeitschriftenaufsatz der Technischenüberwa-
chung. Sicherheit und Zuverlässigkeit Band 21
Heft 9 (1980)
- [N1] Nickel, M.
Geschwindigkeitsabhängige Summenhäufig-
keiten von Längs- und Querbesehleunigungen
für ein Fahrerkollektiv
Diplomarbeit an der fachhochschule Köln
2001.
- [N2] Nirschl, G.; Geiser, G.:
Zeitbudgetanalyse der Fahrer Fahrzeug Inter-
aktion als Werkzeug für die Entwicklung von
Fahrerassistenzsystemen. VDI Bericht Nr.
1046 (1993)
- [S1] Schimmelpfennig, K.-H.; Nackenhorst, U.:
Bedeutung der Querbesehleunigung in der
Verkehrsunfallrekonstruktion – Sicherheits-
grenze des Normalfahrers
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 23 (1985),
pp. 94 – 96
- [S2] Sporrer, A.; Prell, G.; Buck, J.; Schalble, St.:
Realsimulation von Spurwechsehvorgängen im
Straßenverkehr.
Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 36 (1998),
pp. 69 – 76
- [T1] www.terramapserver.com
- [U1] www.unfallrekonstruktion.de/nickeldata.htm